



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM  
PROPRIEDADES RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO  
AMBIENTAL RURAL NO MUNICÍPIO DE ALAGOA NOVA-PB**

**JOSE FELIPE SILVA DE SALES**

**Areia-PB**

**2018**

JOSE FELIPE SILVA DE SALES

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM PROPRIEDADES  
RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO MUNICÍPIO  
DE ALAGOA NOVA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da  
Paraíba como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

**Orientador:** Prof. Dr. Djail Santos (UFPB)

**Areia-PB  
2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S163e Sales, Jose Felipe Silva de.

ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM PROPRIEDADES  
RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO  
MUNICÍPIO DE ALAGOA NOVA-PB / Jose Felipe Silva de  
Sales. - Areia, 2018.

44 f.

Orientação: Djail Santos.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Erosão do Solo. 2. Equação Universal de Perda de  
Solo. 3. Cadastro Ambiental Rural. 4. Geotecnologias.  
I. Santos, Djail. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

**JOSE FELIPE SILVA DE SALES**

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM PROPRIEDADES  
RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO MUNICIPIO  
DE ALAGOA NOVA-PB**

Aprovado em: 13/07/2018

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Djail Santos (DSER/CCA/UFPB)  
(ORIENTADOR)

---

Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira (DSER/CCA/UFPB)  
(EXAMINADOR)

---

Dr. Paulo Roberto Megna Francisco (CCT/UEPB)  
(EXAMINADOR)

Suas convicções tornam-se seus pensamentos.

Seus pensamentos tornam-se suas palavras.

Suas palavras tornam-se suas ações.

Suas ações tornam-se seus hábitos.

Seus hábitos tornam-se seus valores.

Seus valores tornam-se seu destino.

***(Mahatma Gandhi)***

## DEDICATÓRIA

*Ao meu bom Deus pelo dom da vida, que sem seu consentimento não seria capaz de nada,  
Aos meus queridos pais, Maria do Socorro Silva de Sales e José Dorivaldo de Sales,  
Aos meus irmãos Gabriel Silva de Sales e Sidney Silva de Sales,*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Quero, primeiramente, agradecer a Deus por essa oportunidade e pelos amigos e professores que colocou em meu caminho. E cuja sabedoria nos leva a discernir o caminho certo dos errados, o bem do mal.

Agradeço aos meus pais que me deram a vida e ensinaram a vivê-la com dignidade, que iluminaram os caminhos obscuros com afeto e dedicação para que eu trilhasse sem medo e cheio de esperança, pela constante preocupação com a distância. Por isso, agradeço a vocês, por toda confiança, afeto e dedicação que puseram em mim.

Agradeço a minha avó paterna Djanira de Lima Sales pelo apoio sempre presente em sua casa como ponto de apoio durante minhas viagens de casa para Areia, bem como ser uma segunda casa durante o período de graduação.

Agradeço ao meu tio paterno Djair de Lima Sales que desde o ensino médio me ajudou muito nos momentos difíceis; agradeço ao meu tio materno Luiz Paulo da Silva que me ajudou em momentos que nunca esperava e a todos os meus tios paternos e maternos que me ajudaram na caminhada.

Gostaria também de prestar meus sinceros agradecimentos a minha noiva Andreia Santos de Lima que fez acreditar cada vez mais que as dificuldades podem ser vencidas se estamos ao lado das pessoas que amamos, que é muito mais que uma noiva é uma companheira, amiga e confidente e apesar da distância foi fundamental na conclusão do curso.

Agradecer ao meu orientador Professor Djail Santos que foi mais que um professor durante minha estada no CCA, mas um grande amigo que me aconselhou e me ajudou a me tornar o profissional que sou hoje, não podendo esquecer da relação política que construímos nas diversas eleições enfrentadas no CCA, e que foi fundamental para a realização desse trabalho.

Agradecer aos amigos de militância no Movimento Estudantil em especial Priscila Maria, Ewerton, Rafael Tavares, Hellen Carolline, Eliete Nahana, Lucas Souza, Wellington, Ciro Caleb que nos espaços do MAE, FEAB e no Centro Acadêmico Jaime Coelho de Moraes construímos juntos os debates a favor da agroecologia e da luta pelo melhor para os estudantes.

Agradecer aos amigos de alojamento, pessoas que se tornaram muito mais que colegas na minha vida, Natan Guerra e Ernandes Fernandes, por todas as brincadeiras que ajudaram a amenizar a saudade de casa, e tirar o estresse das disciplinas carregadas, e também agradecer a todos os colegas de turma que estiveram juntos na caminhada.

Agradecer a todos os amigos que fiz durante a passagem pelo CREAjr – PB em especial a Tiago Medeiros com quem pude compartilhar muitos conhecimentos, aprendizados e debates de como devemos lutar por um futuro profissional para os engenheiros, bem como pessoas importantes durante a estada no CREAjr Barbara Alcântara, Marcello Soares, Ary Paixão, Amanda Barroso, Amanda, que foram pessoas com quem aprendi muito o que é o sistema profissional. Um agradecimento especial faço a Giucélia Figueiredo, ex-Presidente do CREA PB, mais que uma presidente, uma profissional que me ajudou muito na minha formação profissional e acreditou em mim.

Agradeço a todos aqueles que fizeram e foram, direta ou indiretamente presentes na minha vida durante todo o tempo do curso que passei e passarei na UFPB, estes que cultivaram o conhecimento e a minha amizade.

Agradecer ao Centro de Ciências Agrárias – Campus II da Universidade Federal da Paraíba pelo acolhimento e ensinamentos passados pelo corpo de docentes, que foram fundamentais para a minha capacitação técnica, bem como os servidores técnico-administrativos que foram importantes na prestação de seus serviços.



## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
SUMÁRIO.....	v
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS .....	11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
Agricultura e Meio ambiente .....	12
Pressão Ambiental .....	12
Degradação do Solo .....	14
Uso e Ocupação do Solo .....	15
Conservação do Solo (Equação Universal de Perda de Solo (USLE)) .....	16
Fator R – Erosividade da chuva .....	17
Fator K - Erodibilidade do solo.....	18
Fator L - Comprimento do declive e Fator S - Declividade da encosta.....	19
Fator C - Uso e manejo do solo e Fator P - Práticas de conservação.....	19
O Cadastro Ambiental Rural no Código Florestal Brasileiro .....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Grau de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura da vegetação.....	18
Tabela 2. Dados de precipitação média mensal e anual e valores do fator R.....	24
Tabela 3. Valores do fator K das classes de solo do município de Alagoa Nova-PB, de acordo com a literatura existente.....	25
Tabela 4. Valores do fator CP relacionados às categorias de uso da terra.....	27
Tabela 5. Classificação das taxas de erosão.....	28
Tabela 6. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho Amarelo, município de Alagoa Nova-PB.....	29
Tabela 7. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Flúvico, município de Alagoa Nova-PB.....	31
Tabela 8. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Regolítico, município de Alagoa Nova-PB.....	30
Tabela 9. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidas e propriedades, da unidade de mapeamento do Argissolo Vermelho, município de Alagoa Nova-PB.....	33
Tabela 10. Estimativa de perda de solo Valores médios da perda de solo em categorias para o município de Alagoa Nova-PB.....	35

## ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM PROPRIEDADES RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO MUNICÍPIO DE ALAGOA NOVA-PB

### RESUMO

O intenso aumento populacional sugere que a produção de alimentos deve ser aumentada a cada dia., o que ocasiona diretamente a degradação de recursos ambientais como o solo. Quantificar, ou ao menos, estimar a taxa à qual esse recurso ambiental está sendo degradado é essencial para diagnosticar a degradação. O uso de geotecnologias regulamentadas por lei, como é o caso dos SIG e da base de dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) que, atrelado à metodologia de estimativa da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), é um instrumento na predição da erosão. Este trabalho objetivou estimar a perda de solos em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural no município de Alagoa Nova-PB, de acordo com as classes de solos existentes. A EUPS foi utilizada para estimar a quantidade de perda de solo para as classes de solo e para toda área do município de Alagoa Nova-PB. O valor do fator R utilizado foi de 6394,43 MJ.mm/ha.h/ano para todas as áreas e classes de solo; o fator K utilizado foi o tabelado para cada classe de solo; o fator topográfico (LS) foi calculado de acordo com a declividade e comprimento de rampa nas propriedades por meio de Modelo Digital de Elevação; e o valor de CP utilizado foi por meio de valores atribuídos ao uso e ocupação do solo, de acordo com valores disponíveis na literatura. Foi estimado uma perda para o Argissolo Vermelho de 441,68 t/ha/ano e de 298,84 t/ha/ano para o Neossolo Regolítico, ambos com taxa de erosão classificada como Muito Forte. Já o Argissolo Vermelho Amarelo (126,11 t/ha/ano) e o Neossolo Flúvico (187,53 t/ha/ano) foram classificados com taxa de erosão Forte. Os valores de perdas de solo verificados para todas as classes de solo superam os níveis de tolerância de perdas de solo.

**Palavras-chave:** Erosão do Solo, Equação Universal de Perda de Solo, Cadastro Ambiental Rural, Geotecnologias

## ESTIMATION OF SOIL LOSS BY EROSION IN RURAL PROPERTIES REGISTERED IN THE RURAL ENVIRONMENTAL REGISTRY IN THE MUNICIPALITY OF ALAGOA NOVA-PB

### ABSTRACT

The intense population increase suggests that food production should be increased every day, which directly leads to the degradation of environmental resources such as soil. Quantifying, or at least estimating, the rate at which this environmental resource is being degraded is essential to diagnose degradation. The use of geotechnologies regulated by law, such as the GIS and the Rural Environmental Cadastre (CAR) database, which, coupled with the methodology of the Universal Soil Loss Equation (EUPS) estimation, is a instrument in the prediction erosion. The objective of this study was to estimate the loss of soils in rural properties registered in the rural environmental registry in the city of Alagoa Nova-PB, according to the existing soil classes. The USLE model was used to estimate the quantity of soil loss for each soil class and for the entire area of the municipality of Alagoa Nova, Paraíba, Brazil. The value of the R factor used was 6394.43 MJ.mm/ha.h/year for all areas and soil classes; the factor K used was the table for each soil class; the topographic factor (LS) was calculated according to slope and ramp length in the farms using a Digital Elevation Model; and the CP value used was assigned to the use and occupation of the soil, according to values available in the literature. Soil losses were estimated for the Red Argisol as 441.68 t/ha/year and as 298.84 t/ha/year for the Regolitic Neosol, both with erosion rate classified as Very Strong. The soils Yellow Red Argissol (126.11 t/ha/year) and Fluvic Neosol (187.53 t/ha/year) were classified with a Strong erosion rate. The values of soil losses verified for all soil classes exceed the tolerance limit of soil losses.

**Keywords:** Soil erosion, Universal Soil Loss Equation, Rural Environmental Registry, Geotechnology

## 1. INTRODUÇÃO

O uso do intenso dos solos está intimamente associado ao crescimento demográfico, que gera uma utilização cada vez mais acentuada deste recurso de forma indiscriminada para a produção de alimentos de acordo com a demanda por alimentos. Este fato culmina numa enorme problemática que é a erosão. Como efeito, em um ciclo de problemas, há o esgotamento dos solos provocado pela erosão que contribui de forma relevante para escassez de alimentos e a fome (MACIEL, 2000).

A utilização de terras para uso agrícola provoca degradação capaz de gerar um passivo ambiental com enormes prejuízos aos recursos naturais, principalmente ao solo. Essas práticas de manejo promovem diferentes alterações físicas na superfície e subsuperfície dos solos e, como resultado, ocasionam variados níveis de erosão (CARVALHO et al., 2015).

As formas de preparo do solo variam desde a extensão da superfície trabalhada do solo, profundidade de cultivo, até o grau de fragmentação da massa do solo mobilizado nas práticas de cultivo (CARVALHO et al., 2015). Como consequência, há acentuação da erosão, que é um dos maiores problemas ambientais no que tange à degradação do solo e à qualidade dos recursos hídricos (CARVALHO et al., 2014). Desse modo, regular e associar o desenvolvimento agrícola com a conservação do solo requer uma utilização aprofundada das técnicas de conservação bem como o apoio de uma legislação que garanta a conciliação entre preservação ambiental e utilização dos solos (AMARAL, 2016).

Nas últimas décadas, a preocupação em todo o mundo com os processos de perda de solo, principalmente em ambientes de cultivo, vem se expandindo (MENDONÇA et al., 2014). O debate sobre a perda de solo tem sido cada vez mais elucidado na região semiárida devido a íntima relação desse fator com a produção agrícola, que interfere diretamente na população que depende das atividades agrícolas para alimentação (SILVA, 2009). Apesar de trabalhos como Albuquerque et al. (2005), Cardoso (2014) e Amaral (2016) terem quantificado e estimado perdas de solo na região semiárida, especificamente em partes do estado da Paraíba, é fundamental que estudos desse nível possam ser realizados em cada município, podendo assim, possibilitar a construção de políticas públicas de gestão municipal dos solos com a finalidade de realizar a gestão de solos ao menos para o limite de tolerância<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A tolerância de perda de solo por erosão pode referir-se a um limite de perda que ainda mantenha alto nível de produtividade das culturas, econômica e indefinidamente (WISCHMEIER e SMITH, 1978; JOHNSON, 1987; OLIVEIRA et al., 2008)

A *Universal Soil Loss Equation-USLE* (WISCHMEIER e SMITH, 1978), conhecida no Brasil como Equação Universal de Perda de Solo, é um modelo matemático de base empírica para a estimativa da perda de solo importante que, associado às geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o SIG (Sistema de Informação Geográfica), transforma-se numa ferramenta avançada de estimar a perda de solo (AMARAL, 2016).

Com o avanço tecnológico das informações geoespaciais, associado a mudança da legislação ambiental brasileira que utiliza de tais avanços, monitorar e realizar uma análise ambiental das propriedades e posses rurais do país, tem sido possível efetivamente devido a implantação do Sistema do Cadastro Ambiental Rural (SICAR), que utiliza como fonte de dados as informações disponibilizadas no Cadastro Ambiental Rural, realizados pelos proprietários de imóveis rurais do Brasil (SILVA, 2015).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem como finalidade constituir uma base de dados integrada de informações ambientais das propriedades e posses rurais de forma estratégica para o controle, monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento e demais formas de vegetação nativa do Brasil (BRASIL, 2012; SILVA, 2015); consequentemente, a preservação da cobertura vegetal colabora na preservação dos solos.

Segundo Silva (2015), o CAR figura como um instrumento indispensável no auxílio para os procedimentos que objetivam a regularização ambiental de posses e propriedades rurais. Dessa maneira, proporciona o levantamento de informações dos imóveis por georreferenciamento, com definição das Áreas de Reserva Legal (RL), das Áreas Proteção Permanente (APP), assim como de áreas remanescentes de vegetação nativa, área rural consolidada, dentre outras, com o intuito de determinar um quadro informativo que fornecerá informações para os cálculos dos valores das áreas que serão instrumentos de diagnóstico ambiental (MACIEL, 2000; SILVA, 2015).

Com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) a aplicação de métodos quantitativos é profundamente facilitada, com ênfase para a Equação Universal de Perdas de Solos, proposta por Wischmeier e Smith (1978), que permite a análise da perda do solo por erosão laminar; além disto, possibilita a contextualização dos resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (MENDONÇA et al., 2014).

A utilização do modelo matemático Equação Universal de Perda de Solo, associado a geotecnologias, e a adesão dos proprietários ao Cadastro Ambiental Rural, possibilita o estudo mais detalhado para estimativa da perda de solo em qualquer município da federação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Este trabalho tem como objetivo estimar a perda de solos em propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural no município de Alagoa Nova-PB, de acordo com as classes de solos existentes por meio da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo.

### **2.2 Específicos**

Como objetivos específicos propõem-se:

- Aplicar a Equação Universal de Perda de Solo para as classes de solo existentes no município de Alagoa Nova-PB;
- Estimar a quantidade de perda de solo anual por erosão laminar para as classes de solo presentes no município de Alagoa Nova-PB;
- Estimar a quantidade de perda de solo anual do município de Alagoa Nova-PB;
- Verificar a ocorrência da perda solo dentro do limite de tolerância de perdas para cada classe de solo.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### Agricultura e Meio ambiente

A alteração dos Agroecossistemas para criação de unidades produtivas financeiramente rentáveis, pelo menos a curto prazo, foi entendida como indispensável para o desenvolvimento agrícola no Brasil e no mundo. Os ecossistemas continentais estão sujeitos aos mais diversos impactos resultantes de atividades antrópicas, como a construção civil, construção de reservatórios, barragens, turismo, irrigação, agricultura, aquicultura e despejo de efluentes (TUNDISI, 2006).

A ressignificação da agricultura por meio do advento tecnológico possibilitou ao ser humano a tomada de força e domínio dos recursos naturais, sejam eles renováveis ou não. Dessa maneira, as práticas agrícolas e, em destaque para o uso dos solos, sofreram alterações e foram moldadas, de acordo com uma nova ótica, pois os solos passavam a ser interpretados como receptores de nutrientes, não pertencendo ao ciclo vivo e não uma unidade viva complexa e cheia de interações que possibilitam que a vida útil destes permaneça (PRIMAVESI, 2016).

Neste novo método de cultivo, há aceleração da produção com implementação de práticas que maximizem a produtividade por área quadrada cultivada. A pressão exercida sobre os solos é crescente, com uso de implementos incomuns aos métodos empregados anteriormente; força-se cada tipo de solo a suportar e produzir até seu potencial máximo, sob a adição de fertilizantes solúveis e recepção de manejo agrícola, com diversas técnicas que vão desde a correção de acidez, adição de fertilizantes, uso de irrigação, desmatamento até o emprego de agrotóxicos dos mais variados tipos. As práticas de manejo de solos podem causar mudanças na sua estrutura e, consistência, alterando o arranjo de suas partículas e o espaço poroso entre elas, bem como a agregação das partículas (JONG VAN LIER, 2010).

Os solos são moldados pelo “nascimento da nova agricultura”, que além de alterar o *modus vivendi* dos agricultores sob a ótica moderna, apresenta novas culturas e novas práticas para geração da produção agrícola (MAZOYER e ROUDART, 2010).

#### Pressão Ambiental

As atividades agrícolas desenvolvidas em quaisquer ambientes se refletem diretamente na organização do espaço geográfico e na dinâmica socioambiental das populações, que entregam ao solo resultados diferentes do que este necessita. De um lado, temos uma população que precisa ser alimentada, e de outro encontramos produtores que



almejam alcançar maior produtividade das culturas para obtenção de maior lucro. Nesta medida, o lado mais frágil entrega-se ao modelo de produção adotado que busca maior produtividade com menor custo operacional e maior viabilidade.

A agricultura moderna utiliza herbicidas, dentre outros agrotóxicos, visando o controle ou eliminação de competidores, fitopredadores e fitoparasitas que, de uma forma ou de outra, comprometem o desenvolvimento dos produtos agrícolas de interesse econômico (ANDREA et al., 2004).

Segundo Dellamatrice e Monteiro (2014), os efeitos como a supressão da vegetação compactando e impermeabilizando o solo, a diminuição do escoamento de águas superficiais e o escoamento de água com matéria orgânica aumentam significativamente a erosão laminar nos solos. De acordo com o autor estes efeitos podem ser diminuídos:

[...] se forem aplicadas técnicas agrícolas adequadas à conservação desses recursos, como terraceamento, curvas de nível, plantio direto e rotação de culturas. Todas essas medidas reduzem a compactação e o escoamento superficial e também a erosão, a qual pode carregar pesticidas adsorvidos às partículas (DELLAMATRICE et al., 2014).

O uso de agrotóxicos tem contribuído para a elevação acentuada da produção agrícola. No entanto, a utilização incorreta e indiscriminada por um período de várias décadas acarretou em acúmulo de resíduos tóxicos nos alimentos produzidos sob a presença destes produtos nos cultivos em geral, bem como levou à contaminação dos recursos hídricos e do recurso solo, causando, por conseguinte, a intoxicação de produtores rurais, entre muitos outros distúrbios. Ultimamente, tem crescido o interesse por substâncias que apresentem menor risco à saúde humana e ao ambiente, além da demanda crescente por produtos alimentícios saudáveis e isentos de resíduos de agrotóxicos (CORREA e SALGADO, 2011).

O solo possui capacidade de armazenamento de resíduos de agrotóxicos. Estes vestígios conseguem ser alterados formando outros compostos que também são transportados para outros ambientes por organismos edáficos (CORTET, 1999). Parte dos agrotóxicos aplicados não atinge o alvo biológico, estando sujeita a diferentes destinos no ambiente, como degradação química, fotólise, degradação microbiológica, transporte por volatilização, lixiviação e escoamento superficial (MARTINI et al., 2012).

De acordo com Dellamatrice et al. (2014):

Alguns aspectos da contaminação do ambiente por pesticidas estão relacionados com a aplicação no campo. Diversos produtos que são muito tóxicos são registrados para uso em algumas culturas as quais não têm outro produto para o controle das pragas, porém, devido à sua alta eficácia, são aplicados em outras culturas para as quais não são recomendados. Buscando ainda maior eficiência, os produtos são aplicados em doses maiores que as recomendadas pelo fabricante as quais são determinadas baseadas em estudos ecotoxicológicos sobre o comportamento dos produtos no ambiente e efeitos em organismos.

Conforme Andrea et al. (2004), os agrotóxicos são compostos biologicamente ativos, sua persistência no solo pode afetar a viabilidade da microbiota, estimulando ou inibindo seu crescimento. Dessa forma, o manejo de tais produtos deve ser realizado com a devida cautela, em face do alto poder residual nocivo destes ao meio ambiente.

Nesse contexto, tem-se um aumento no nível de degradação ambiental, redução drástica de biodiversidade, e também na fauna dos solos que cada vez ficam mais vulneráveis e dependentes de fertilizantes para garantia de uma produção quantitativa e qualitativamente inferior.

### Degradação do Solo

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990), as condições mais favoráveis ao processo de erosão ocorrem em solos sem cobertura vegetal, compactados e recentemente mobilizados através do preparo mecanizado, que resultam em um aumento na desagregação do solo, redução da capacidade de infiltração (permeabilidade) e, conseqüentemente, em aumento do escoamento superficial.

De acordo com Lepsch (2010), as ações antrópicas correntemente aceleram o empobrecimento dos solos, como consequência da prática de desmatamentos e incêndios, cultivo inadequado em encostas íngremes, pisoteio excessivo de pastagens por rebanhos e da intensa prática de monocultivos agrícolas. Essas atividades proporcionam a ação erosiva da água e, em decorrência, o assoreamento dos corpos d'água. Estes impactos são de alta relevância e muitos culminam em processos erosivos. Segundo Santana e Nummer (2011) a erosão é:

[...] um dos processos de dinâmica superficial responsável pela modelagem da superfície da Terra, que é governada por agentes como clima, ação da água e vento, natureza do material, relevo e ação antrópica e compreende um conjunto de fenômenos naturais que envolvem a formação de materiais detríticos provenientes da decomposição e desagregação das rochas e dos solos (SANTANA e NUMMER, 2011).

Em consonância com o autor supracitado, Albuquerque et al. (2005), afirmam que a erosão é um fenômeno cujo impacto sobre os recursos naturais renováveis é motivo de preocupação para governos e instituições em todo o planeta. Este fenômeno natural possui elevada força e acarreta:

Além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de acarretarem o empobrecimento gradativo dos solos agrícolas, geram também o assoreamento e a poluição dos mananciais. Com isso, a erosão hídrica tem sido uma das principais causas de redução da produtividade das terras agrícolas, podendo, inclusive, resultar no abandono de áreas anteriormente produtivas. Além disso, acarreta a elevação do custo de produção, uma vez que aumenta a necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, e reduz a capacidade operacional das máquinas agrícolas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990.)

De acordo com Durães e Mello (2016), a erosão acelerada do solo tem sido amplamente reconhecida como um problema ambiental no que diz respeito à ocupação do solo com uso de práticas, tanto agropecuárias quanto florestais, que comprometem a sua capacidade produtiva. A redução da porosidade do solo, assim como da capacidade de retenção e infiltração de água no solo é intensificada pelos processos erosivos, com constante elevação do escoamento superficial, do transporte de sedimentos e do assoreamento de corpos hídricos ao longo dos anos de cultivo.

### Uso e ocupação do solo

O uso das terras no Brasil evoluiu com o passar dos anos desde áreas simples cuja distribuição dos solos agricultáveis seguia a lógica coletiva para pequenos grupos e latifundiários para a minoria dos solos (IBGE, 2015):

Desde o período da colonização até o Século XIX, foi frequente no Brasil a existência de terras de uso comum, especialmente entre as populações rurais desprovidas de terras, possibilitando o uso de locais para pequenos criatórios, acesso à extração de lenha, madeira e outros produtos, para a complementação de suas necessidades básicas. Este perfil de utilização se repetiu em todo o território brasileiro com formas diferenciadas regionalmente (IBGE, 2015).

Esta mudança trouxe a evolução das formas de uso da terra no País que passa a ter características melhor definidas apenas a partir do século XX, nas academias e com a instalação de instituições como o IBGE (IBGE, 2015).

Figueredo (1989), afirma que o uso do solo está diretamente ligado as perdas de solo e este processo pode impulsionar a erosão, sob diversas maneiras. Para o uso dos solos, o manejo agrícola adotado empreendia o uso de pacotes tecnológicos, que não apenas inseria novas culturas, mas sobretudo cobrava e extraía dos solos o máximo de produtividade possível. Desse modo, mesmo em terras exauridas, tornava-se possível alcançar produção viável devido ao aporte de nutrientes e fertilizante nestes solos depositados.

Para que o modo de produção agropecuária seja adequado a sustentabilidade, este deve minimizar os impactos causados aos solos, dessa forma, é preciso que primeiramente avalie-se as terras vislumbrando identificar os tipos de uso sustentável, em função da aptidão destas áreas. Desse modo, estes solos quando seu uso destina a fins específicos tais como estudos das formas de relevo, solos, vegetação, clima e outros aspectos, de modo a identificar e proceder a comparação dos tipos de usos da terra mais promissores em termos de aplicabilidade aos objetivos da avaliação poderão ter vida útil estendida em função do tratamento recebido (MACIEL, 2000).

#### Conservação do Solo (Equação Universal de Perda de Solo (USLE))

Segundo Albuquerque et al. (2005), a determinação de fatores da equação universal de perdas de solo, nas condições do semiárido do Nordeste do brasileiro, contribui para existência de um meio de previsão de perdas de solo mais precisa, de modo que o planejamento do uso e manejo dos solos desta região seja determinado com maior segurança.

De acordo com Amorim (2000), maior parte das análises feitas acerca da erosão não possui base científica, e afirma que:

Geralmente, o método de estudo envolve o uso de parcelas experimentais de erosão ou canais em laboratório para observar o mecanismo do processo erosivo e coletar dados de perda de solo em função de características da precipitação, do solo e do escoamento superficial. Esses dados são, então, analisados estatisticamente visando ajustar equações para predição das perdas de solo. Devido às diferenças das condições hidrológicas naturais que podem existir entre eventos de precipitação, vários anos de registro de dados são necessários para se ajustar uma equação confiável de predição da erosão do solo.

Para Lopes, (1998):

A topografia da área determina a quantidade de escoamento superficial e de erosão, levando junto os nutrientes do solo. Ela também determina os métodos de irrigação, drenagem e outras melhores práticas de manejo (MPM) necessárias para a conservação do solo e da água. Quanto maior a declividade, mais manejo é necessário, aumentando o trabalho e os custos dos equipamentos. Uma certa declividade torna o solo não adequado para a produção de culturas anuais. A facilidade com a qual a superfície do solo sofre o processo erosivo, juntamente com a declividade, é um fator determinante do potencial de produtividade do solo.

Desse modo, vários aspectos devem ser levados em consideração para que o modelo de avaliação seja o mais preciso possível. Acerca disto, Paim (2012), complementa afirmando:

O tipo de cobertura vegetal interfere no cálculo da suscetibilidade dos tipos de solo ao processo de erosão na medida em que protege o solo reduzindo o impacto das gotas de chuva e o escoamento superficial sobre este. A ocupação adequada do solo deve ser feita de acordo com a capacidade de uso e manejo, sendo que o uso de práticas de conservação auxilia no controle de perdas do solo reduzindo a pressão exercida pelos fatores erosivos sobre ele.

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) é uma equação organizada por Wischmeier e Smith (1978), que possui a função de prever a taxa média de erosão do solo a partir da combinação de variáveis condicionantes. Esta ferramenta foi criada para realizar estimativas da produção anual de sedimentos através da análise de parâmetros naturais como solo, clima, relevo e de uso e manejo de solos. Entretanto, esta equação foi desenvolvida para aplicação em pequenas glebas compatíveis com o uso agrícola, culminando na quantificação da perda de solos por erosão laminar nessas áreas de avaliação. Os resultados desta equação possibilitam o planejamento de uma ação antrópica conservacionista levando-se em consideração os níveis de tolerância de perdas de solos nestes locais, podendo-se traçar meios de promover a sustentabilidade das áreas produtivas consequentemente (COSTA et al., 2006).

As variáveis da equação são agrupadas em seis fatores, que auxiliam no entendimento da atuação dos processos de erosão acelerada e em distintos níveis de susceptibilidade (MACIEL, 2000), e são: erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); comprimento do declive (L); declividade da encosta (S); uso e manejo do solo (C); e práticas conservacionista (P) (MINELLA et al., 2010; CARVALHO et al., 2014).

#### Fator R – Erosividade da chuva

O fator erosividade (R) é o índice de erosão pelas chuvas que expressa a capacidade exercida por uma chuva de causar erosão em um solo vulnerável (WISCHMEIER, 1959).

Esse critério representa numericamente a força da chuva e do escoamento superficial da água e seu potencial erosivo a partir da precipitação média anual em um determinado solo (AMARAL, 2016). Constitui-se por valores  $EI_{30}$  de cada evento de chuva de uma dada região, e o somatório destes determina o valor R (MACIEL, 2000).

Com a estimativa do fator R da EUPS atende-se ao objetivo de métodos de conservação de solo e fomenta outros modelos de previsibilidade de perdas de solo para o planejamento conservacionista mais eficiente (MACIEL, 2000).

#### Fator K - Erodibilidade do solo

A erodibilidade é referente às propriedades inerentes ao solo (textura, estrutura, porosidade e profundidade) e reflete a sua suscetibilidade à erosão (MACIEL, 2000). A erodibilidade é a perda de solo por unidade de força erosiva, seja por precipitação ou mesmo escoamento superficial (XAVIER, 2014). Esta é mensurada em termos de taxa de perda de solo por unidade de erosividade (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Um solo com baixa erodibilidade em campo pode apresentar elevado índice de erosão, variando conforme os outros fatores da EUPS. Desse modo, ocorre que alguns solos podem erodir mais, embora os demais fatores da equação mantenham-se estabilizados, e esta característica é definida como fator de erodibilidade (MACIEL, 2000).

ROSS (1994), realiza uma classificação categorizando alguns tipos de cobertura vegetal e o grau de proteção que estes proporcionam em solos (Tabela 1).

Tabela 1. Grau de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura da vegetação

<b>Grau de Proteção</b>	<b>Tipo de cobertura da vegetação</b>
Muito baixa/nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens e culturas de ciclo curto sem o uso de práticas de conservação
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta-do-reino, laranja, com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão)
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível / terraceamento (café, laranja, com forrageiras entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho e algodão)
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa), mata homogênea de Pinus densa, pastagens cultivadas sem pisoteio de gado e cultivos de ciclo longo (cacau)
Muito alta	Florestas, matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

#### Fator L - Comprimento do declive e Fator S - Declividade da encosta

Paim (2012), afirma que o comprimento da rampa (Fator L) é a distância do ponto de início do declive da água até o ponto em que ela reduz sua velocidade de escoamento e ocasiona deposição de sedimentos em vertentes junto a vales, rupturas, ou até mesmo quando encontra o canal principal. O fator de declividade (Fator S) é tido como o ângulo ou índice de inclinação do terreno e é um indicativo da aceleração e do aumento do potencial erosivo do escoamento superficial (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A junção dos dois fatores (Fator LS), considera o efeito da topografia frente aos processos erosivos e é tido como parâmetro fundamental para mensurar a erosão causada pela influência do escoamento superficial sob o solo (RENARD et al., 1997).

De acordo com Lombardi e Bertoni (1975), a força da erosão pelas águas é amplamente influenciada tanto pelo comprimento do declive quanto pelo seu grau. Esses dois efeitos têm sido avaliados na pesquisa e são representados na equação por L e S. Em sua aplicação em campo, é mais congruente considerar conjuntamente estes dois fatores, sendo LS como fator topográfico (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

#### Fator C - Uso e manejo do solo e Fator P - Práticas de conservação

O fator C da EUPS é definido como a razão entre as perdas de solo de uma parcela cultivada sob condições específicas de manejo, e as perdas correspondentes a uma parcela mantida continuamente limpa e preparada para plantio (WISCHMEIER e SMITH, 1978). O fator C também envolve o manejo, incluindo combinações de cobertura vegetal, sequência de cultivos, estágio fenológico, entre outros (BERTONI e LOMBARDI, 1985).

O fator C abrange valores entre 0 e 1. Os maiores valores são aplicados às culturas que oferecem menos proteção ao solo, enquanto as plantas que proporcionam maior proteção ao solo possuem valores menores, criando menor probabilidade de perdas de solos por erosão (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Devido às diversas interações das variáveis uso e manejo, estes elementos C e P são avaliados conjuntamente na EUPS (MACIEL, 2000).

O Fator P refere-se às práticas de manejo do solo orientadas para a sua conservação e é diretamente relacionado com a declividade da área de estudo (PAIM, 2014). O fator P é definido como sendo a razão entre a quantidade de solo perdido, verificado por meio de uma prática conservacionista específica e as perdas correspondentes obtidos quando se cultiva na direção do declive (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Este fator corresponde as práticas de conservação para proteção do solo para evitar a erosão.

### O Cadastro Ambiental Rural no Código Florestal Brasileiro

A conservação das florestas e outros tipos de vegetação nativa é uma estratégia fundamental na proteção da fauna e da flora originais de cada região. Sendo assim, um país que busca de forma estratégica garantir a existência e perpetuação da fauna e flora originais, necessita de uma legislação que seja efetivamente moderna e se adeque às situações atuais. No caso da legislação brasileira, os principais instrumentos que asseguram essa conservação são a Área de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL) (LAURADES, 2014).

De acordo com a legislação a área de preservação permanente é entendida como sendo uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). A reserva legal é compreendida pela lei 12 651/12 como sendo a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do Art. 12, com o propósito de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012).

As áreas de preservação permanente (APP's) e Reserva Legal (RL) são áreas importantes para a manutenção dos processos ecológicos, juntas prestam vários serviços ambientais, tais como: diminuem a erosão de terrenos declivosos, evitam o assoreamento dos rios, servem para conectar áreas e, conseqüentemente, proporcionar a diversidade gênica animal e vegetal, funcionam como bancos de sementes de vegetação primária, refúgio para espécies migratórias, entre outros, e, portanto, devem ser preservadas, mesmo com todos esses benefícios ecológicos essas áreas têm sido bastante degradadas pelas práticas agrícolas (METZGER, 2010).

O novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012)<sup>2</sup> traz em sua redação modificações importantes, principalmente se comparado ao Código Florestal de 1965, uma das mudanças mais significativas é no que diz respeito a forma de controle e fiscalização da supressão vegetal que se considera um avanço tendo em vista ineficácia na regulamentação da fiscalização da supressão de florestas e demais formas de vegetação que acontecia no código florestal anterior (GOMES e MARTINELLI, 2012).

---

<sup>2</sup> [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)



Diante da problemática na aplicação da fiscalização da lei ambiental, o novo Código Florestal cria no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA), o Cadastro Ambiental Rural (CAR)<sup>3</sup>, que tem como função construir uma base de dados que colabore de forma estratégica para o controle, o monitoramento e o combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil.

Com intuito de regulamentar a atuação do CAR, o Decreto nº. 7.830/2012 cria, o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)<sup>4</sup>, que possui como um dos seus escopos, o de “disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em todo território nacional, na *internet*” (SILVA, 2015).

Ainda conforme a autora supracitada, é possível compreender que o CAR possui a finalidade principal de produzir e entregar informações sobre a tutela ambiental, de uma determinada área. Sendo assim, pode-se afirmar que esta ferramenta possui caráter informativo para atender à participação coletiva com intuito de promover o desenvolvimento sustentável, com atuação no controle ambiental, tendo ainda condições de oferecer suporte para a criação de políticas ambientais em âmbito nacional.

Quanto ao CAR, Laurades (2014), afirma que trata-se de uma ferramenta de diagnóstico da situação ambiental das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país, e que sua implantação enfrenta um intenso debate, desde elogios por ser um instrumento que irá colaborar no controle e fiscalização da legislação, bem como tem sido alvo de críticas pela dificuldade de aplicação, tempo estendido para sua adesão e a forma de aplicação que vem sendo realizada.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

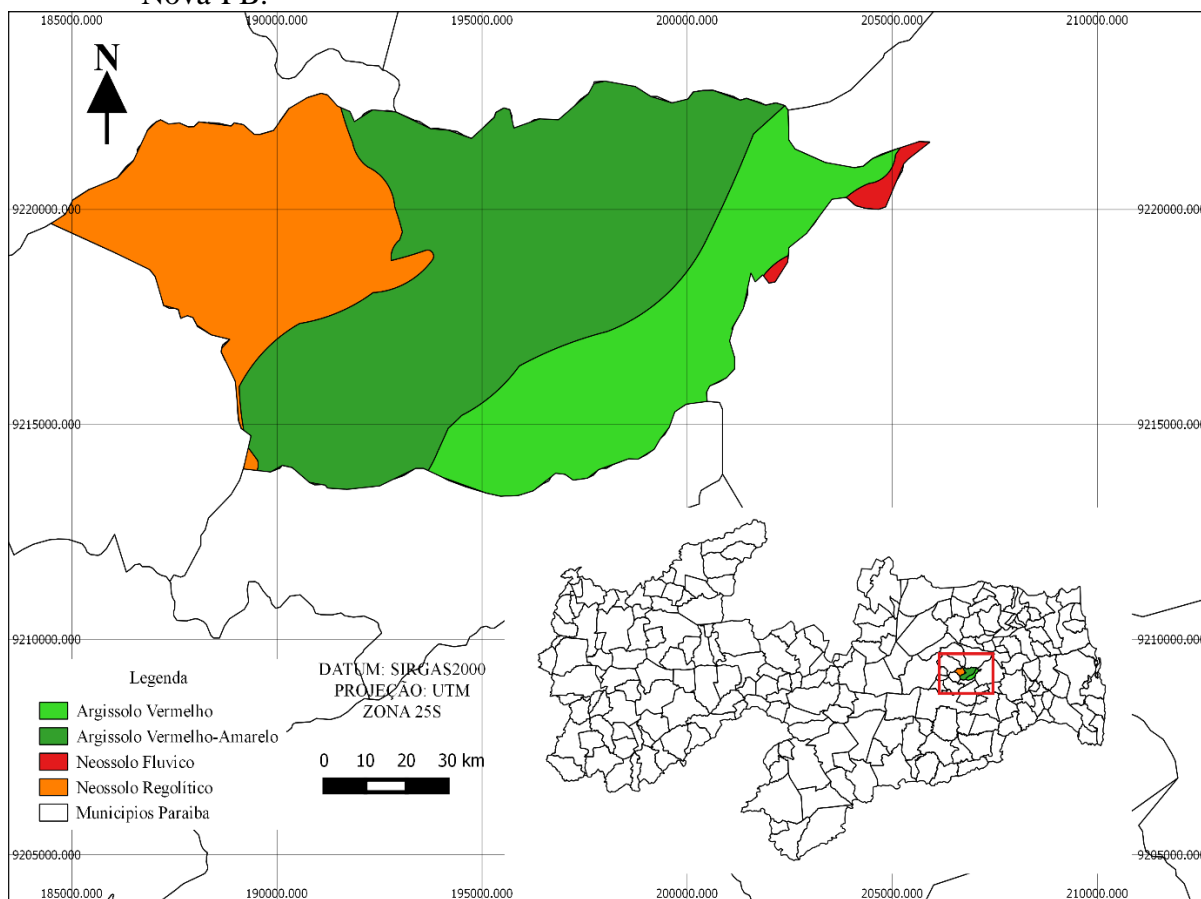
O trabalho foi realizado em propriedades rurais no município de Alagoa Nova-PB, município localizado na microrregião do Brejo Paraibano, Nordeste do Brasil. O clima é do tipo As' (tropical chuvoso com verão seco), segundo Köppen e C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>A'a' conforme Thornthwaite (FRANCISCO et al., 2015), com características de quente e úmido e

<sup>3</sup> Lei Federal nº. 12.651/2012, art. 29, instituindo obrigatoriamente a nível nacional: É criado o Cadastro Ambiental Rural–CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente–SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (SILVA, 2015).

<sup>4</sup> Art. 3º do Decreto Federal nº. 7.830/2012: Fica criado o Sistema de Cadastro Ambiental–SICAR, com os seguintes objetivos: (...) V – disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional, na internet (SILVA, 2015).

precipitação média anual de 1283,7 mm (AESA, 2018), que ocorre de outono a inverno, expressando períodos médios de estiagem de cinco a seis meses. As temperaturas variam de 18 a 28 °C (INMET, 2018). Está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitudes variando entre 650 e 1.000 metros. O Planalto da Borborema ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. A fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta (CPRM, 2005).

Figura 1: Mapa de localização e unidades de mapeamento de solos do município de Alagoa Nova-PB.

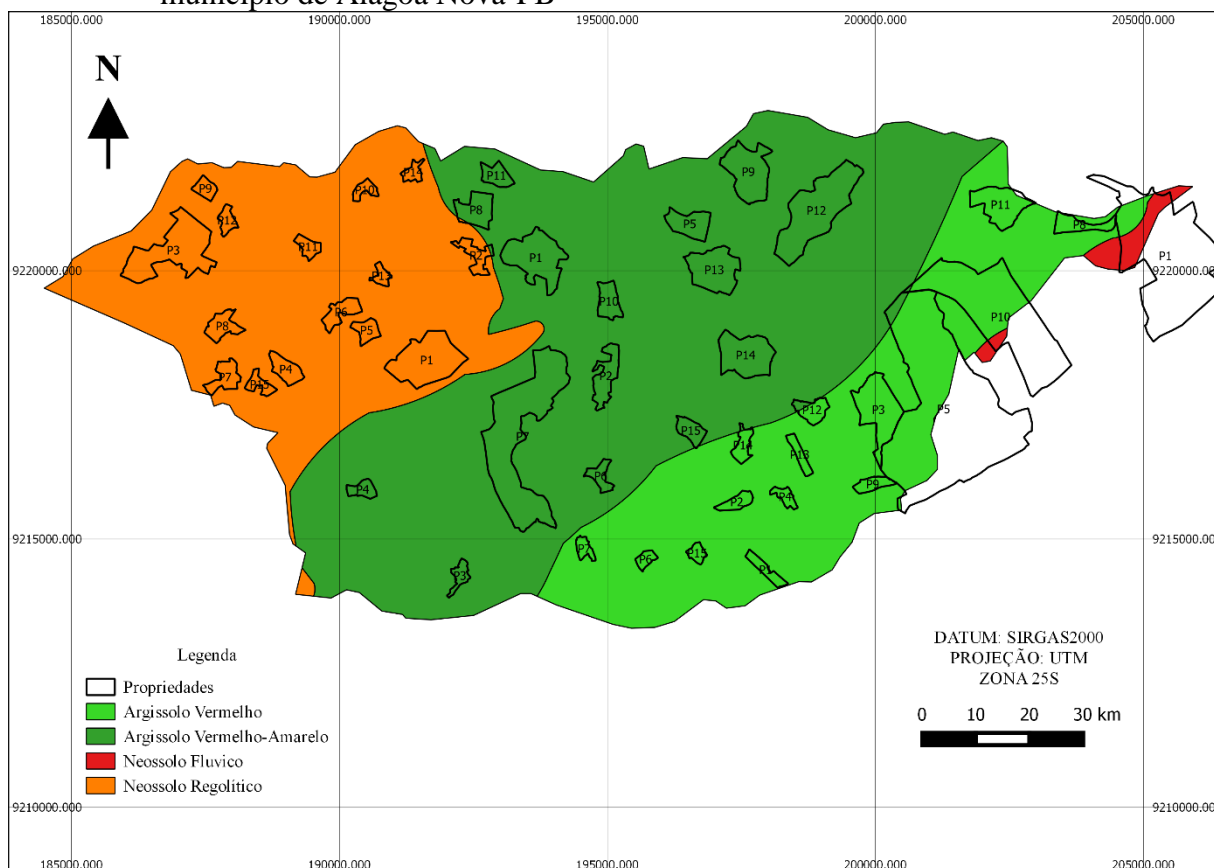


Fonte: Adaptado de PARAIBA (2006)

Para estimativa de perda de solo no município de Alagoa Nova-PB foram utilizados dados de propriedades rurais cadastradas na base de dados do Cadastro Ambiental Rural e localizadas nas unidades de mapeamento do Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Regolítico, por meio de 15 propriedades rurais e o Neossolo Flúvico por meio de 03 propriedades rurais, devido a sua área de ocorrência no município. Na escolha

dessas propriedades se respeitou o tamanho mínimo de 10 (dez) hectares e que sua disposição esteja de forma representativa nas unidades de mapeamento nos solos presentes no município, de acordo com o mapa de solos do estado da Paraíba, na escala 1:200.000 (Figura 2).

Figura 2: Mapa de distribuição das propriedades sobre as unidades de mapeamento do solo do município de Alagoa Nova-PB



Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006)

A estimativa de perda de solo para o município foi obtida através da Equação Universal de Perda de Solo-EUPS (Equação 1), que é um modelo de matemático de estimativa da perda de solo, que leva em consideração os fatores como a chuva, erodibilidade, topografia, uso do solo e práticas conservacionistas (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

onde: A – a quantidade de perda de solo (t/ha/ano); R - fator de erosão pela chuva (MJ/ha.mm/ha); K – erodibilidade do solo, sendo a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão de chuva; LS – fator topográfico conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade; C - fator de uso e manejo de solo, que é a relação de uma área que é constantemente cultivada e outra que permanece descoberta; P - fator de prática

conservacionista, compreendido pela relação entre as perdas do solo de um terreno cultivado com determinada prática.

#### Determinação do Fator R - Erosividade

A determinação do fator R foi realizado pela equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Equação 2), devido à ausência de dados pluviográficos detalhados para a região estudada, e por ser uma equação que utiliza apenas dados de precipitação mensal e anual da região. Foram utilizados dados de precipitação média mensal e anual acumuladas registradas em uma dos últimos trinta anos através da base de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (PARAIBA, 2018). Essa equação se mostrou eficaz nos trabalhos de Amaral (2016) que estudou a variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba.

$$El_{mensal} = 89,823 (Pm^2 / Pa)^{0,759} \quad (2)$$

onde:  $El_{mensal}$  é média mensal do índice de erosão (MJ·mm/h·ha), para o mês considerado;  $Pm$  é a precipitação mensal (mm) do mês considerado; e  $Pa$  é a precipitação média anual (mm).

Tabela 2. Dados de precipitação média mensal e anual e valores do fator R.

Meses	Precipitação Mensal	Valor do Fator R (MJ·mm/h·ha)
Janeiro	72,6	262,4010
Fevereiro	100,6	430,5340
Março	154,4	824,9551
Abril	160,6	875,7607
Maió	172,6	976,9934
Junho	191,2	1141,2015
Julho	167,0	929,2816
Agosto	121,6	574,1071
Setembro	53,9	166,9612
Outubro	23,8	48,2734
Novembro	30,3	69,6456
Dezembro	37,0	94,3179
<b>Total Anual</b>	<b>1283,7</b>	<b>6394,4325</b>

Fonte: PARAIBA (2018)

### Determinação do fator K - Erodibilidade

Para a variável K foram utilizados valores já estabelecidos na literatura, de acordo com as classes de solo existentes no município. As áreas de solos presentes no município de Alagoa Nova são: Neossolo Flúvico, Argissolo Vermelho, Neossolo Regolítico e Argissolo Vermelho-Amarelo. Os valores de K para essas classes de solo estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Valores do fator K das classes de solo do município de Alagoa Nova-PB, de acordo com a literatura existente

<b>Classe de solo</b>	<b>Fator K</b>	<b>Literatura Pesquisada</b>
Neossolo Flúvico	0,184	Amaral (2016)
Neossolo Regolítico	0,14	Silva e Andrade (1984)
Argissolo Vermelho	0,15	Silva e Andrade (1984)
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,032	Dias (2015)

### Determinação do fator LS - Topográfico

Para a determinação do fator topográfico (Fator LS) foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), com a resolução espacial de 30 metros, obtido junto ao banco de dados do United States Geological Survey (USGS) (Levantamento Geológico dos Estados Unidos), obtido pela plataforma Earth Explorer imagem SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission).

A imagem SRTM tipo “.tif” foi submetida a extração das curvas de nível de 5 em 5 metros por meio da ferramenta extração de contorno de dado *raster* pelo software SIG Quantum Gis, obtendo-se os valores de altitude de cada curva de nível, sendo possível calcular a declividade em porcentagem considerando a diferença de nível (h) (Equação 3) e o comprimento da rampa (Equação 4).

$$H = h_{\text{topo morro}} - h_{\text{base morro}} \quad (3)$$

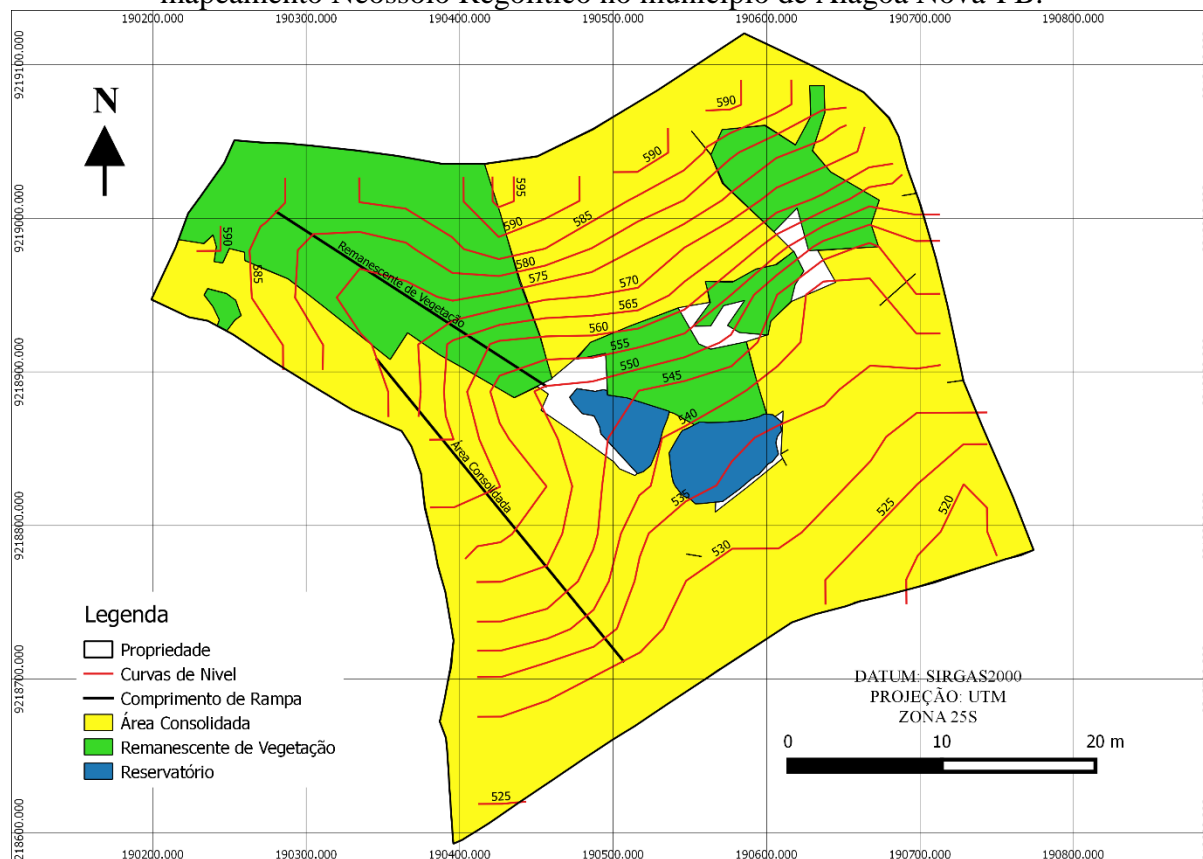
$$D = \frac{H}{L} * 100 \quad (4)$$

sendo, H = diferença de nível, D = declividade média da encosta (%), L = comprimento de rampa utilizado.

A rampa (L) foi estabelecida perpendicularmente às curvas de nível do terreno e determinadas nas áreas consolidadas e remanescente de vegetação cadastradas no cadastro

ambiental rural (Figura 2) disponíveis através dos dados em arquivo “.shp” no sistema do CAR na aba consulta pública.

Figura 3: Mapa de exemplo da determinação do fator LS da propriedade 5 da unidade de mapeamento Neossolo Regolítico no município de Alagoa Nova-PB.



O fator LS foi calculado pela combinação dos fatores L-função do comprimento da rampa e S-função da declividade média, utilizando a equação 5, de Bertoni e Lombardi Neto (1990):

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (5)$$

sendo: LS = fator topográfico; D = declividade média da encosta (%); C = comprimento de rampa (m).

#### Determinação do fator CP

O valor do P que determina formas de práticas conservacionistas adotadas para o uso adequado do solo, sendo considerado o valor 1, devido à incerteza do uso do solo e a escala

de estudo não permitir identificar as práticas de conservacionistas existentes (AMARAL, 2016). Portanto, os fatores C e P são analisados como sendo um único o fator CP.

O fator CP valor atribuído ao uso do solo foi obtido na literatura existente (Tabela 4), adaptando aos diferentes usos encontrados nas propriedades estudadas. Os diferentes usos foram obtidos pela interpretação do diagnóstico realizado no Cadastro Ambiental Rural - CAR.

Tabela 4. Valores do fator CP relacionados às categorias de uso da terra

Uso do solo	Valores do Fator CP
Água	0,0000
Cana-de-açúcar	0,0010
Outras Culturas	0,1415
Solo Exposto	1,0000
Vegetação Arbórea	0,0040
Vegetação Arbórea Arbustiva	0,0027
Vegetação Arbustiva	0,0015
Vegetação Herbácea e Gramíneas	0,0100

Fonte: Adaptado de Amaral (2016)

Figura 4: Diagnóstico do uso e ocupação do solo da propriedade 5 da unidade de mapeamento do Neossolo Regolítico no município de Alagoa Nova-PB.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

O diagnóstico do uso e ocupação do solo das propriedades foi realizado por meio da interpretação da imagem de satélite (Figura 3) e da observação técnica em campo, de acordo com o registro dos polígonos de área consolidada e remanescente de vegetação cadastrados na

base de dados do SICAR. As propriedades foram tiveram seus usos e ocupações cadastradas em áreas consolidadas, área de preservação permanente, remanescente de vegetação, área de servidão administrativa, como determina a Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012, o Decreto N° 7.830, de 17 de outubro de 2012, e a Instrução Normativa N° 02 do Ministério do Meio Ambiente, de 06 de maio de 2014.

A confecção dos polígonos de ocupação do solo das áreas consolidadas e dos remanescente de vegetação realizado no cadastro ambiental rural, diante da análise de campo e das imagens de satélite disponíveis no Google Earth, foi obtido através da metodologia de vetorização os locais com ação antrópica, vegetação, corpo d'água, área de servidão administrativa, e que posteriormente contribuiu para a aplicação no fator CP da EUPS metodologia utilizada também por Dias (2015), no estudo da estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-PB.

#### Análise de Dados

Os dados encontrados para cada fator da EUPS foram tabulados em planilha Microsoft Office Excel e foram aplicadas à equação obtendo-se o resultado da estimativa de perda de solo média para as propriedades individuais e seu conjunto em cada unidade de mapeamento de solo.

Para melhor exemplificar a ação da erosão laminar nos solos de Alagoa Nova-PB, foi utilizado uma classificação proposta por Carvalho (2008) que classifica as taxas de erosão de acordo com a estimativa de perda de solo de nula a muito forte.

Tabela 5: Classificação das taxas de erosão

<b>Classe de Intensidade</b>	<b>Perda de Solo (t/ha/ano)</b>
Nula a Moderada	<15
Média	15-50
Média a Forte	50-120
Forte	120-200
Muito Forte	> 200

Fonte: Carvalho (2008).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A tabela 6 contém os valores de perda de solo das propriedades rurais localizadas na unidade de mapeamento de Argissolo Vermelho Amarelo, no município de Alagoa Nova-PB. A perda de solo das propriedades rurais, estimada nessa classe de solo, oscilou entre 3,39 e 600,38 t/ha/ano; contudo, foi possível observar que essa variação ocorreu pelos valores dos



Tabela 6. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho Amarelo, município de Alagoa Nova-PB

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ·mm/h·ha	K t h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
<b>Remanescente de Vegetação (RV)</b>							
P1	6394,43	0,032	12,20	0,0027	6,74	8,46	-1,72
P2	6394,43	0,032	9,34	0,0040	7,65	8,46	-0,81
P3	6394,43	0,032	3,99	0,0004	0,33	8,46	-8,13
P4	6394,43	0,032	6,40	0,0027	3,53	8,46	-4,93
P5	6394,43	0,032	16,29	0,0040	13,34	8,46	4,88
P6	6394,43	0,032	3,77	0,0027	2,08	8,46	-6,38
P7	6394,43	0,032	5,94	0,0040	4,87	8,46	-3,59
P8	6394,43	0,032	11,62	0,0040	9,51	8,46	1,05
P9	6394,43	0,032	17,62	0,0040	14,42	8,46	5,96
P10	6394,43	0,032	6,96	0,0040	5,69	8,46	-2,77
P11	6394,43	0,032	27,96	0,0040	22,88	8,46	14,42
P12	6394,43	0,032	18,38	0,0040	15,05	8,46	6,59
P13	6394,43	0,032	8,98	0,0040	7,35	8,46	-1,11
P14	6394,43	0,032	0,00	0,0000	0,00	8,46	-8,46
P15	6394,43	0,032	10,89	0,0040	8,91	8,46	0,45
<b>Média (RV)</b>					<b>8,16</b>		<b>-0,30</b>
<b>Área Consolidada (AC)</b>							
P1	6394,43	0,032	7,95	0,0100	16,27	8,46	7,81
P2	6394,43	0,032	4,33	0,1415	125,23	8,46	116,77
P3	6394,43	0,032	8,98	0,1415	260,10	8,46	251,64
P4	6394,43	0,032	0,45	0,1415	13,07	8,46	4,61
P5	6394,43	0,032	4,56	0,0100	9,32	8,46	0,86
P6	6394,43	0,032	3,73	0,1415	107,93	8,46	99,47
P7	6394,43	0,032	7,77	0,0010	1,59	8,46	-6,87
P8	6394,43	0,032	5,89	0,0100	12,05	8,46	3,59
P9	6394,43	0,032	6,35	1,0000	1298,78	8,46	1290,32
P10	6394,43	0,032	0,04	0,1415	1,10	8,46	-7,36
P11	6394,43	0,032	8,17	0,1415	236,62	8,46	228,16
P12	6394,43	0,032	22,12	0,0100	45,27	8,46	36,81
P13	6394,43	0,032	13,72	0,0100	28,07	8,46	19,61
P14	6394,43	0,032	5,87	1,0000	1201,97	8,46	1193,51
P15	6394,43	0,032	10,48	0,1415	303,47	8,46	295,01
<b>Média (AC)</b>					<b>244,06</b>		<b>235,60</b>
<b>Média da Unidade de Mapeamento de Solo</b>					<b>126,11</b>		

fatores topográfico (LS) e CP, em especial os valores de CP. É possível diagnosticar esse fato devido aos altos valores de perda de solo encontrados nas áreas consolidadas, em relação às áreas de remanescente de vegetação. Essa diferença se deve ao fato de a área consolidada determinada no Cadastro Ambiental Rural compreender a área de imóvel rural com ocupação antrópica, a exemplo de atividades agrossilvopastoris, edificações e benfeitorias (BRASIL, 2014), o que reforça a afirmação de Ross (1994), que destacou que formações arbustivas naturais com estrato herbáceo e denso, bem como florestas e matas naturais, apresentam alto a muito alto grau de proteção do solo.

A erosão do solo é um indicador da sustentabilidade de agroecossistemas, e mensurá-la contribui para a avaliação da sustentabilidade das propriedades rurais (MARQUES e LOMBARDI NETO, 2003). Portanto, comparar a tolerância de perda de solo em cada classe de solo é um mecanismo de verificar se o uso e ocupação do solo, principais influenciadores na estimativa de perda de solo no Argissolo Vermelho Amarelo, estão sendo bem executados nas propriedades rurais.

Ao avaliar a tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do estado da Paraíba, Oliveira (2004) encontrou valores de tolerância para o Argissolo Vermelho Amarelo de 8,46 t/ha/ano. Partindo dessa informação, apenas 03 propriedades, ou seja, 20% das propriedades analisadas nessa unidade de mapeamento de solo, possuem uma estimativa de perda de solo menor que sua tolerância. As 12 propriedades restantes, correspondendo a 80%, bem como a média da classe, apresentaram valores de perda acima do seu nível de tolerância.

Na tabela 7 pode-se verificar que a estimativa de perdas por erosão do Neossolo Flúvico varia de 60,09 a 400,12 t/ha/ano, fazendo com que esta unidade de mapeamento de solo apresente uma estimativa média para o município de Alagoa Nova na sua área de abrangência, de 187,53 t/ha/ano. Estes valores não estão dentro dos níveis de tolerância determinados por Oliveira (2004) que é de 2,52 t/ha/ano.

Tabela 7. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Flúvico, município de Alagoa Nova-PB

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ·mm/h·ha	K t h MJ 1 mm <sup>-1</sup>	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
<b>Remanescente de Vegetação (RV)</b>							
P1	6394,43	0,184	13,128	0,004	61,78	2,52	59,26
P2	6394,43	0,184	12,727	0,004	59,90	2,52	57,38
P3	6394,43	0,184	5,2831	0,004	24,86	2,52	22,34
<b>Média (RV)</b>					<b>48,85</b>		<b>46,33</b>
<b>Área Consolidada (AC)</b>							
P1	6394,43	0,184	12,152	0,01	142,98	2,52	140,46
P2	6394,43	0,184	5,1236	0,01	60,28	2,52	57,76
P3	6394,43	0,184	4,6574	0,1415	775,39	2,52	772,87
<b>Média (AC)</b>					<b>326,22</b>		<b>323,70</b>
<b>Média da Unidade de Mapeamento de Solo</b>					<b>187,53</b>		

As estimativas de perda de solos das áreas de remanescente de vegetação (48,85 t/ha/ano) e de área consolidada (326,22 t/ha/ano) são determinantemente diferentes, devido principalmente ao uso e ocupação dos solos, indicados pelos fatores CP, que influenciam na obtenção dos valores.

Na determinação da estimativa de perdas de solo do Neossolo Regolítico (Tabela 8), ocorreu uma variação da perda de solo nas propriedades estudadas, bem como uma diferença considerável entre as perdas de solo estimadas nas áreas consolidadas e nas áreas de remanescente de vegetação. Analisando a tolerância da classe de solo determinada por Oliveira (2004), que encontrou o valor de 9,92 t/ha/ano, verifica-se que a média de perdas de solo estimada para o Neossolo Regolítico está completamente fora dos níveis de tolerância determinados. Nessa classe de solo apenas a propriedade P14 está completamente dentro do nível de tolerância de perda de solo, por apresentar perdas de 9,74 t/ha/ano. Para as propriedades P7 e P15, nas suas áreas de remanescentes de vegetação, foram estimados valores de 0,04 e 6,98 t/ha/ano, respectivamente, situados abaixo dos níveis de tolerância para essa classe de solo.

Tabela 8. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Regolítico, município de Alagoa Nova-PB

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ·mm/h·ha	K t h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
<b>Remanescente de Vegetação (RV)</b>							
P1	6394,43	0,14	12,88	0,0040	46,12	9,92	36,20
P2	6394,43	0,14	6,65	0,0040	23,82	9,92	13,90
P3	6394,43	0,14	9,27	0,0027	22,40	9,92	12,48
P4	6394,43	0,14	8,22	0,0040	29,43	9,92	19,51
P5	6394,43	0,14	9,48	0,0040	33,95	9,92	24,03
P6	6394,43	0,14	6,04	0,0040	21,64	9,92	11,72
P7	6394,43	0,14	0,02	0,0027	0,04	9,92	-9,88
P8	6394,43	0,14	7,53	0,0027	18,20	9,92	8,28
P9	6394,43	0,14	4,98	0,0027	12,04	9,92	2,12
P10	6394,43	0,14	7,13	0,0040	25,53	9,92	15,61
P11	6394,43	0,14	4,95	0,0040	17,73	9,92	7,81
P12	6394,43	0,14	5,14	0,0027	12,43	9,92	2,51
P13	6394,43	0,14	5,12	0,0040	18,32	9,92	8,40
P14	6394,43	0,14	3,43	0,0040	12,27	9,92	2,35
P15	6394,43	0,14	1,95	0,0040	6,98	9,92	-2,94
<b>Média (RV)</b>					<b>20,06</b>		<b>10,14</b>
<b>Área Consolidada (AC)</b>							
P1	6394,43	0,14	5,11	0,1415	647,30	9,92	637,38
P2	6394,43	0,14	12,32	0,1415	1560,62	9,92	1550,70
P3	6394,43	0,14	7,44	0,0100	66,60	9,92	56,68
P4	6394,43	0,14	5,77	0,0100	51,65	9,92	41,73
P5	6394,43	0,14	9,71	0,0100	86,93	9,92	77,01
P6	6394,43	0,14	8,39	0,0100	75,11	9,92	65,19
P7	6394,43	0,14	5,26	0,1415	666,30	9,92	656,38
P8	6394,43	0,14	7,09	0,1415	898,12	9,92	888,20
P9	6394,43	0,14	5,86	0,1415	742,31	9,92	732,39
P10	6394,43	0,14	7,51	0,1415	951,32	9,92	941,40
P11	6394,43	0,14	11,55	0,1415	1463,08	9,92	1453,16
P12	6394,43	0,14	6,79	0,1415	860,11	9,92	850,19
P13	6394,43	0,14	4,21	0,1415	533,30	9,92	523,38
P14	6394,43	0,14	0,06	0,1415	7,60	9,92	-2,32
P15	6394,43	0,14	5,91	0,0100	52,91	9,92	42,99
<b>Média (AC)</b>					<b>577,55</b>		<b>567,63</b>
<b>Média da Unidade de Mapeamento de Solo</b>					<b>298,84</b>		

Quanto à estimativa de perdas de solo das propriedades presentes na unidade de mapeamento do Argissolo Vermelho destacam-se altos valores nas áreas consolidadas, dentro das propriedades (Tabela 9). Tal fenômeno ocorre devido aos valores de CP, por tratar-se de áreas de solo exposto e de alta declividade, o que ocorre com muita frequência devido a formação do relevo do município de Alagoa Nova. A tolerância de perda desse solo é de 15,4 t/ha/ano (OLIVEIRA, 2004), nenhuma das propriedades que estão situadas na unidade de mapeamento Argissolo Vermelho possui uma estimativa abaixo do nível de tolerância já que apresentaram uma faixa de perdas de solo variando de 17,12 a 1700,59 t/ha/ano.

Realizar a comparação dos níveis de tolerância de perdas de solo, bem como classificar as perdas de solos através de metodologias de classificação da taxa de erosão contribui para o diagnóstico da real situação da erosão sofrida pelo solo. Carvalho (2008), sugere a utilização de cinco faixas para classificação da taxa de erosão (Tabela 5). Barbosa et. al. (2015) utilizaram essa metodologia para classificar a taxa de erosão encontrada no município de Paraíso das Águas-MS, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) com Softwares Livres e Gratuitos.

A tabela 10 apresenta um compilado de todas as médias encontradas nas propriedades analisadas em cada unidade de mapeamento de solo. É possível identificar qual a perda média das propriedades rurais em cada unidade de mapeamento de solo. De acordo com o analisado anteriormente nenhuma das classes de solo está dentro dos níveis de tolerância.

A partir dos valores encontrados e da classificação da taxa de erosão apresentada por Carvalho (2008), é possível classificar o Argissolo Vermelho e o Neossolo Regolítico como sendo solos de intensidade de erosão muito forte, por apresentarem 441,68 e 298,84 t/ha/ano de perda de solo, respectivamente. O Argissolo Vermelho-Amarelo com perda de 126,11 t/ha/ano e o Neossolo Flúvico, com 187,53 t/ha/ano de perdas são classificados com taxa de perda forte.

Tabela 9. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho, município de Alagoa Nova-PB

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ·mm/h·ha	K t h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
<b>Remanescente de Vegetação (RV)</b>							
P1	6394,43	0,14	8,97	0,004	32,12	15,4	16,72
P2	6394,43	0,14	4,47	0,004	16,01	15,4	0,61
P3	6394,43	0,14	14,53	0,004	52,03	15,4	36,63
P4	6394,43	0,14	14,10	0,004	50,49	15,4	35,09
P5	6394,43	0,14	40,13	0,004	143,70	15,4	128,30
P6	6394,43	0,14	6,50	0,004	23,28	15,4	7,88
P7	6394,43	0,14	5,81	0,004	20,80	15,4	5,40
P8	6394,43	0,14	0,00	-	0,00	15,4	-15,40
P9	6394,43	0,14	32,56	0,004	116,59	15,4	101,19
P10	6394,43	0,14	24,96	0,004	89,38	15,4	73,98
P11	6394,43	0,14	32,94	0,004	117,95	15,4	102,55
P12	6394,43	0,14	21,94	0,004	78,56	15,4	63,16
P13	6394,43	0,14	21,52	0,004	77,06	15,4	61,66
P14	6394,43	0,14	10,06	0,004	36,02	15,4	20,62
P15	6394,43	0,14	23,40	0,004	83,79	15,4	68,39
<b>Média (RV)</b>					<b>62,52</b>		<b>47,12</b>
<b>Área Consolidada (AC)</b>							
P1	6394,43	0,14	12,51	0,1415	1584,69	15,4	1569,29
P2	6394,43	0,14	6,71	0,1415	849,98	15,4	834,58
P3	6394,43	0,14	12,78	0,0100	114,41	15,4	99,01
P4	6394,43	0,14	6,96	0,0100	62,31	15,4	46,91
P5	6394,43	0,14	24,81	0,0100	222,10	15,4	206,70
P6	6394,43	0,14	0,13	0,1415	16,47	15,4	1,07
P7	6394,43	0,14	0,11	0,1415	13,93	15,4	-1,47
P8	6394,43	0,14	15,50	0,0100	138,76	15,4	123,36
P9	6394,43	0,14	13,76	0,1415	1743,03	15,4	1727,63
P10	6394,43	0,14	5,83	0,0100	52,19	15,4	36,79
P11	6394,43	0,14	0,00	-	0,00	15,4	-15,40
P12	6394,43	0,14	20,83	0,1415	2638,61	15,4	2623,21
P13	6394,43	0,14	12,30	0,1415	1558,09	15,4	1542,69
P14	6394,43	0,14	0,00	-	0,00	15,4	-15,40
P15	6394,43	0,14	26,19	0,1415	3317,58	15,4	3302,18
<b>Média (AC)</b>					<b>820,81</b>		<b>805,41</b>
<b>Média da Unidade de Mapeamento de Solo</b>					<b>441,68</b>		

Tabela 10. Estimativa de perda de solo Valores médios da perda de solo em categorias para o município de Alagoa Nova-PB

Unidades de Mapeamento de Solo	Perda de Solo/ Remanescente de Vegetação (t/ha/ano)	Perda de Solo/ Área Consolidada (t/ha/ano)	Média
Argissolo Vermelho	62,52	820,85	441,68
Argissolo Vermelho-Amarelo	8,16	244,06	126,11
Neossolo Flúvico	48,85	326,22	187,53
Neossolo Regolítico	20,06	577,61	298,84
Média	<b>34,90</b>	<b>492,19</b>	<b>263,54</b>

Os valores mais representativos foram os encontrados em áreas consolidadas em solo Argissolo Vermelho que chegaram a uma estimativa de 441,68 t/ha/ano, valor esse ocasionado principalmente pelo fato dos valores de CP encontrados nas áreas consolidadas das propriedades dessa unidade de mapeamento de solo. A área de remanescente de vegetação do Argissolo Vermelho-Amarelo foi a que apresentou menor perda de solo (8,16 t/ha/ano).

De acordo com os resultados obtidos, a Equação Universal de Perda de Solo é uma ferramenta importante para trabalhos que visem realizar a quantificação ou a estimativa das perdas de solo de um município, como realizado por Dias (2015) e Barbosa et al. (2015). No entanto, tem suas limitações, principalmente por ser uma equação usada para estimar a erosão laminar, sendo que para tipos de erosão mais intensos essa equação é deficiente. De qualquer forma, é uma ferramenta fundamental principalmente para colaborar com ações práticas na conservação dos solos das propriedades rurais.

Diante dos resultados obtidos, percebe-se que as estimativas de perda de solo estão muito acima dos níveis de tolerância determinados para cada unidade de mapeamento de solo, diante do encontrado propõe-se a orientação que os proprietários rurais do município de Alagoa Nova-PB possam iniciar um trabalho efetivo na utilização de técnicas conservacionistas, por exemplos o plantio em nível, o terraceamento, a cobertura do solo no plantio, o plantio direto, além da preservação de áreas com altas inclinações o que pode contribuir significativamente na diminuição dessas estimativas de perdas de solo.

## 5. CONCLUSÃO

As propriedades do município de Alagoa Nova-PB analisadas neste estudo possuem uma estimativa média de perda de solo de 263,54 t/ha/ano, composto pela média das estimativas de perda de solo do Argissolo Vermelho (441,68 t/ha/ano), Argissolo Vermelho-Amarelo (126,11 t/ha/ano), Neossolo Flúvico (187,53 t/ha/ano) e Neossolo Regolítico (298,84 t/ha/ano).

Das quatro classes de solos analisadas nenhuma possui estimativa de perdas de solo dentro dos valores de tolerância de perda de solo determinados pela literatura, sendo que apenas em algumas propriedades analisadas se verificou estimativas dentro dos limites de tolerância.

Os solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico possuem taxa de erosão classificada como forte, enquanto o Argissolo Vermelho e o Neossolo Regolítico apresentam taxa de erosão muito forte.



## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, W. et al. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, 2005.

AMARAL, B. S. D. do. **Análise espacial das perdas de solo no Estado da Paraíba**. 57p. Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal da Paraíba-UFPB. João Pessoa-PB. 2016.

AMORIM, R. S. S. **Desprendimento e arraste de partículas de solo decorrentes de chuvas simuladas**. 70p.Tese (*Magister Scientiae*), Universidade Federal de Viçosa . Viçosa, MG, 2000.

ANDREA, M. M. et al. Glyphosate: influência na bioatividade do solo e ação de minhocas sobre sua dissipação em terra agrícola. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.95-100, 2004.

BARBOSA, A. F. et al. Aplicação da equação universal de perda do solo (USLE) em softwares livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.

BRASIL. MMA Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 2 de 06 de Maio de 2104. Brasília: Diário Oficial da União. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília: DOU de 28/05/2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

CARDOSO, M. A. **Mapeamento temporal do uso e ocupação do solo e estimativa das perdas de solo na bacia do reservatório de marés-PB**. 2014.

CARVALHO, A. C. B. de. **Avaliação da perda de solo por fluxo superficial em cultivos puro e consorciado**. 91f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora-MG. 2012.

CARVALHO, D. F. de et al. Predicting soil erosion using RUSLE and NDVI time series from TM Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 3, p. 215-224, 2014.

CARVALHO, D. F. et al. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1072-1078, 2015.

CARVALHO, J. C. **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 600p. 2008.

CORREA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.13, n.4, p.500-506, 2011.

CORTET, J.; VAUFLERY, A.G.; BALAGUER, N. P.; GOMOT, L.; TEXIER, C.; CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. **Journal Soil Biology**, Vol. 35 (3), p. 115-134, 1999.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS –. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Alagoa Nova, Estado da Paraíba**. (Orgs.). MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C. de; MORAIS, F. de; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. de. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

COSTA, T. C. e C. da et al. Estimativas de perdas de solo para sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Embrapa Milho e Sorgo. In: Congresso Acadêmico de Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2, 2006, Niterói. **Anais...** CNPMS. Niterói: Instituto de Geociências/UFF, 2006.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1296-1301, 2014.

DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-Paraíba. **Caminhos de Geografia**, v.16, n.54, p. 192-204, 2015.

FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS - equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.7, n.2, 2006.

FIGUEREDO, A. G. Análise da produção e transporte de sedimento nas bacias do rio Peixe e rio Aguapei. Anais do Simpósio Recursos Hídricos. **Anais...** São Paulo ABRH, 2v, 1989.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, D.; MATOS, R. M. de. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

GOMES, D.; MARTINELLI, D. M. C. O código florestal e o uso da propriedade rural na perspectiva da (in) constitucionalidade da reserva legal. **Cadernos de Direito**, v.12, n.23, p.215-233, 2012.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. <http://www.inmet.gov.br>. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA Consultado em: 17 de junho de 2018 em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2500403>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430p. (Manuais técnicos em geociências; 4).

JOHNSON, L. C. Soil loss tolerance: Fact or myth? **Journal of Soil and Water Conservation**, v.42, p.155-160, 1987.

JONG VAN LIER, Q. de. **Física do solo**. Viçosa: SBCS, 2010. 298p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª. edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v.51, n.2, p.189-196, 1992.

LOMBARDI-NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. **Bol Tec Inst Agron**, 1975.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Instituto da Potassa & Fosfato. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2ª ed. rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

MACIEL, M. M. **Aplicação da equação universal de perdas de solos-USLE em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com a aptidão agrícola**. 88f. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PB, 2000.

MARQUES, J. F.; LOMBARDI NETO, F. Erosão do solo: indicadores físicos e econômicos In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Ed.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281p. Parte II, cap.3, p.129-153.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.

MARTINI, L. F. D. et al. Transporte de agrotóxicos em lavoura de arroz irrigado sob três manejos de irrigação. **Planta Daninha**, v.30, n.4, p.799-808, 2012.

MENDONÇA, H. F. P.; PATERLINI, E. M.; OLIVEIRA, F. S.; BARBOSA, R. P.; SANTOS, A. R. Estimativa da perda de solo por erosão laminar para o município de Iconha, Estado do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1027-1038, 2014.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v.8, p.92-99, 2010.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; RUHOFF, A. L. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na Equação Universal de Perda de Solo Revisada em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1455-1462, 2010.

OLIVEIRA, F. P. de. **Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba**. 90p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica). CCA/UFPB. Areia-PB. 2004.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. Tolerância de perda de solo por erosão para o estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, p.60-71, 2008.

PAIM, J. B. **Aplicação da Equação Universal de Perdas do Solo para a bacia hidrográfica do rio piçarras utilizando técnicas de geoprocessamento**. 64p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2012.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: **Plano Estadual de Recursos Hídricos**: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, 2006. 112p.

PARAÍBA. AESA Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

PRIMAVESI, A. P. Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. São Paulo, Expressão Popular, 2ª ed. Rev. 2016. 205p.

RENARD, K. G.; MEYER, L. D.; FOSTER, G. R. **Predicting soil erosion by water**: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Department of Agriculture, Washington University, 384p. 1997.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, p.63-74. 1994.

SANTANA, K. D. A.; NUMMER, A. V. Estudos sobre processos erosivos na Geografia brasileira: período: 2004-2010. In: Lauro César Figueiredo e Adriano Severo Figueiró. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia do Rio Grande do Sul**: Temas em Debate. 1ed. Santa Maria/RS: UFSM, 2011, v.1, p.199-207.

SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. **Relatório de pesquisa sobre conservação do solo 1977-1984**. Areia: Convênio SUDENE-UFPB, 1984. 59p.

SILVA, D. F. **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de informação e monitoramento da reserva legal no estado do Pará**. 109p. Dissertação. (Mestrado em Direito). Centro Universitário do Estado do Pará-CESUPA, Belém-PA, 2015.

SILVA, R. M; PAIVA, F. M. de L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, n.1, p.26-40, 2009.

TUNDISI, J. E. M. Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. In: José Eduardo Matsumura Tundisi. **Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins**. São Carlos: UFSCar, 2006. 152p.

XAVIER, Ana Paula Campos Xavier. Estimativa da produção de sedimentos com suporte de geotecnologias na bacia do Rio Mamuaba, Estado da Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12.,2014. **Anais....**Natal: ABRH, 2014

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington D.C., Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

